Lane Medical Library

Aus der
zahnärztlichen Forschungsstätte der Fried. Krupp A. G., Essen.
(Leiter: Dr. med. dent. F. Hauptmeyer).

# Über die Verstärkung von Kautschuk-Platten durch Wipladrahtgewebe.

Inaugural-Dissertation
zur Erlangung der zahnärztlichen Doktorwürde
der Hohen Medizinischen Fakultät
der Ludwig-Maximilians-Universität zu München

vorgelegt von

Karl Kluge
approb. Zahnarzt aus Essen a. d. Ruhr

Marburg 1935
R. Friedrich's Universitäts-Buchdruckerei (Inhaber Karl Gleiser) Marburg/Lahn

Dekan: Prof. Dr. Kürten.
Referent: Prof. Dr. Falck.
Correferent: Prof. Dr. Pieper.

Gedruckt mit Genehmigung der Medizinischen Fakultät der
Ludwig-Maximilians-Universität zu München.

Meinen lieben Eltern!

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA40154015_0080

Noch kein Jahrzehnt war seit der Einführung des Kautschuks in die zahnärztliche Prothetik vergangen, als zum ersten Male der Vorschlag einer Kombination von Kautschuk mit einem zweiten Werkstoff auftauchte, um eine größere Festigkeit und erhöhte Bruchsicherheit der Kautschukplatten zu erreichen. Weber schlug im Jahre 1863 vor, auf dem Modell, das vorher mit einer Kautschuklösung eingepinselt wurde, mit einem Korken ein Platinnetz anzudrücken. Darauf sollte der Kautschuk aufgelegt und in die Maschen des Netzes gestopft werden. Garkay empfahl 1868 in die Kautschukplatte Leinwand einzulegen, die Ausschnitte der Prothese, welche die Zähne des Restgebisses umschlossen, mit starkem Zwirn oder grauer Seide zu versehen, um einem von diesen Prädilektionsstellen ausgehenden Bruch erfolgreich zu begegnen. Fletscher, der Platingaze als Verstärkung für Kautschukplatten anwandte, machte 1874 Versuche mit seidener Müller-Gaze, die keine befriedigenden Ergebnisse zeitigten. Die Entdeckung eines faserigen Stoffes, der mit weichem Kautschuk vermischt den Vulkanisationsprozeß ohne Zerstörung überstände, bezeichnete er als eine Vervollkommnung auf dem Gebiete der Prothesenmaterialien. Weil mit faserigen Verstärkungsmaterialien keine guten Ergebnisse erziehlt wurden, wandte man sich den Metallen zum Zwecke der Verstärkung von Kautschukplatten mit um so größerer Ausdauer zu.

Platinnetze waren schon seit Jahren bekannt, als Dunzelt 1877 des Lobes voll war über die Verstärkung mit Goldgaze. Nach seinem Dafürhalten vereinigte ein Goldgazegebiß alle Vorteile des Kautschuks und Goldes, während die Nachteile auf ein Mindestmaß beschränkt sein sollten. Bei Gold und Platin blieb man nicht stehen, sondern versuchte auch halbedle Metalle der Kautschukverstärkung dienstbar zu machen. 1879 berichtet Moyer über Messing- und Kupfergaze, die vorher vergoldet, noch den Vorteil der Billigkeit gegenüber Gold und Platin hatten. Auf einer Zahnärztetagung im Jahre 1884 redete Fricke einer neu eingeführten Nickelgaze das Wort. Allerdings konnten sich die halbedlen Metalle wegen ihres Mangels an Korrosionsbeständigkeit neben Gold und Platin nicht halten.

Das Gold trat als Einlage- und Verstärkungsmaterial immer mehr in den Vordergrund. Gleichzeitig vollzog sich

in der Lage der Verstärkungseinlagen eine Veränderung. Die bisher erwähnten Verstärkungsmethoden waren ausschließlich für obere Prothesen gedacht, und man lagerte die Drahtgewebe so, daß sie an der Gaumenseite der Platten sichtbar waren. Man hoffte dadurch Irritationen und Entzündungen der Gaumenschleimhaut entgegenzuwirken, die man teils Beimengungen des Kautschuks, teils seinem schlechten Wärmeleitungsvermögen zuschrieb. Durch ein teilweises Berühren des Gaumens mit dem Metallgewebe wurde die Berührungsfläche Gaumen-Kautschuk verkleinert und ein guter Wärmeleiter geschaffen.

Diese Gesichtspunkte ließ man außer acht, als man Filigraneinlagen anwandte, wie sie Detzner 1899 beschreibt. Von ihrem Wert als Verstärkungseinlage war er nicht überzeugt. Für den Fall eines Bruches könnten sie nur insofern von Nutzen sein, als sie durch Zusammenhalten des Ersatzstückes ein Verschlucken der Bruchstücke verhinderten. Die Verstärkungseinlagen wurden von nun an so in den Kautschuk gebracht, daß sie an der Zungenseite der Prothese gut sichtbar waren. Betrachtet man die Schmetterlingseinlagen, die bis zur im Weltkrieg einsetzenden Goldknappheit in Mode waren, so liegt die Vermutung nahe, daß diese an Goldschmiedearbeiten erinnernden Einlagen mit Verstärkung wenig zu tun haben, sondern beim Betrachten und Herumreichen der Prothese den Schönheitssinn des Eigentümers wie des Beschauers erfreuen sollten. Verstärkungseinlagen wurden außerdem in Form von Goldnetzblechen von der Firma Wünsche-Annaberg in den Handel gebracht, die Müller 1907 verwandte, um Kautschuk auf Metallplatten zum Haften zu bringen. Oft angewandt wurden Ketteneinlagen um eine Verstärkung von Kautschukplatten zu erzielen.

Für untere Prothesen benutzte man in der Regel kräftige runde, halbrunde oder kantige Drähte, die entweder ganz im Kautschuk verschwanden, oder aber, besonders wenn sie mit dünneren Drähten umwickelt und verlötet waren, teilweise sichtbar wurden. Drahtgewebe hat man bei unteren Prothesen wohl selten angewandt. Doch wurden die Metalle, die man bei oberen Prothesen zur Verstärkung heranholte, auch bei unteren Prothesen ausprobiert zu Gunsten des Goldes und Platins.

Nach dem Weltkriege waren die Edelmetalle wegen ihres Preises und des fortlaufenden Niederganges unserer Wirtschaft für volksgesundheitliche Zwecke nicht zugänglich.

Es war darum in sozialer Hinsicht von großer Bedeutung und für die zahnärztliche Prothetik ein großer Fortschritt, als es Hauptmeyer kurz nach Beendigung des Weltkrieges gelang, den nichtrostenden V2A-Stahl der Fried. Krupp A. G. als Phrothesenmaterial verwendbar zu machen. Das Wipla-Metall, wie man den V2A-Stahl in der Zahnersatzkunde nennt, ermöglichte es, auch solchen Patienten zu den Vorteilen eines Metallplattenersatzes zu verhelfen, für die eine Prothese aus Edelmetall nicht in Frage gekommen wäre.

Doch wurden auch Stimmen laut, die am Wiplametall Mängel sehen wollten, die auch bei gutem Willen nicht zu umgehen seien. So sagte man, daß das Metall nicht so genau gestanzt werden könne, um sich in der Wiedergabe aller Einzelheiten des Modelles mit dem Kautschuk zu messen. Dagegen ist zu sagen, daß das Prägeverfahren seit einigen Jahren so weit entwickelt worden ist, daß die genaue Wiedergabe des Modelles erreicht wird. Ein weiterer Einwand gegen die Anwendung einer Wiplaplatte war die geringere Saugkraft gegenüber Kautschuk. Bei der Saugkraft kommt es aber in erster Linie nicht auf den Werkstoff an, sondern auf die Gestaltung des Ventilrandes der Prothese. Endlich sagte man noch gegen die Anwendung des Wipla-Metalles, daß zu seiner Verarbeitung sehr kostspielige Einrichtungen und Spezialmaschinen notwendig seien, was die Unmöglichkeit der Verarbeitung im eigenen Laboratorium zur Folge habe. Die Vertreter dieser Ansicht dürfen dabei nicht übersehen, daß die Eigenart des Werkstoffes Besonderheiten in der Verarbeitung bedingt. Um trotzdem die Verarbeitung wirtschaftlich rentabel zu gestalten, hat man besondere Laboratorien gegründet, damit sich das Wipla-Metall in wirklich nutzbringender Weise durchsetzt.

Um im eigenen Laboratorium, unter Umgehung ungewohnter und manchmal etwas schwieriger Arbeitsgänge, eine Platte herstellen zu können, deren Festigkeit und Bruchsicherheit an die einer Metallplatte heranreichte, griff man den Gedanken einer Kombination von Kautschuk mit Metallgewebe wieder auf. Die metallischen Eigenschaften, besonders die Korrosionssicherheit, ließen die Verwendung von Wipla-Metall in Form von Drahtgewebe als Verstärkung von Kautschukplatten gerechtfertigt erscheinen. Das Wipla-Verstärkungsnetz wurde als feinmaschiges, grobmaschiges und grobmaschig gewalztes Netz herausgebracht. Man ging dann dazu über, besondere Webarten anzuwenden, die dem Netz

eine für die in Frage kommenden Beanspruchungen große Widerstandsfähigkeit verleihen sollten. Da wäre die Skeletta-Metallhohllitze zu nennen, die aus V2A-Stahl angefertigt wird. Sie ist als Verstärkung besonders beanspruchter Stellen von Kautschukprothesen gedacht, hauptsächlich aber soll sie als Randverstärkung und zur Bügelherstellung teilweise oder

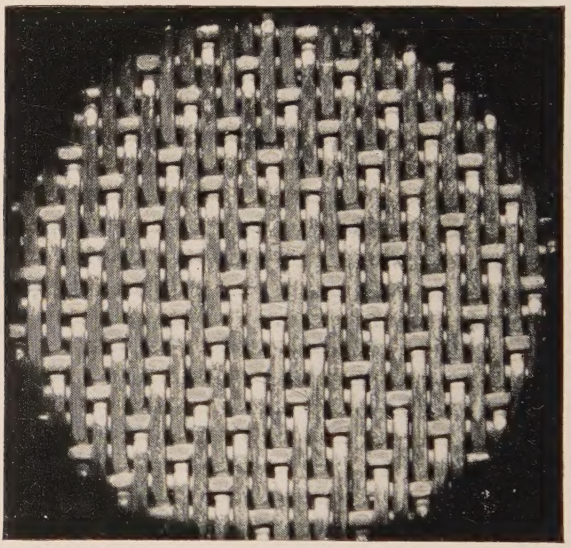

Abbildung 1
Tela-Netz, Mundseite, 7fach vergrößert.

ganz skelettierter Kautschukprothesen verwendet werden. Außer Litze und glattem Drahtgewebe wandte man auch Köperwebart an, bei der sowohl Schuß- als auch Kettendrähte zwischen den Bindungspunkten des Gewebes mehrere Drähte in regelmäßigen Abständen und Wiederholungen überspringen. Im Jahre 1931 erschien als Neuerung das Telagewebe, ein Gewebe wie zuletzt geschildert, das durch seine Webart — vier Schußdrähte werden von einem Kettendraht unterkreuzt — ein bestechendes Aussehen hat. (Abb. 1 u. 2).

Ein Gewebe ähnlicher Art wird von der Firma Baker u. Co. in Newark N. Y. hergestellt. Es besteht aus 0,2 mm starken Drähten aus rostsicherem Stahl mit der Besonderheit, daß je zwei Querdrähte von einem Längsdraht über- und unterkreuzt werden.

(Abb. 3). Das Netz wird nicht wie bei den heute in Gebrauch befindlichen Verstärkungen mundwärts gelagert, sondern in die Kautschukplatte ganz eingebettet, sodaß man es nicht sehen kann.

Über den Erfolg, der mit Einlage von Drahtgeweben in Kautschukplatten erreicht wird, gehen auch heute noch die Meinungen auseinander. Das liegt wohl daran, daß bisher

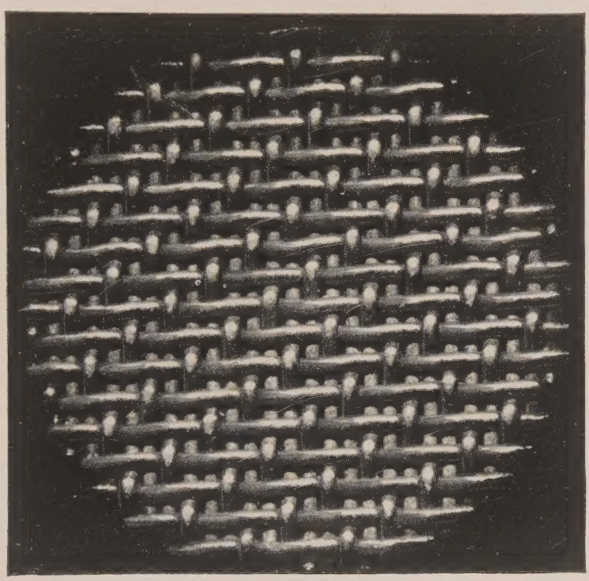

Abbildung 2
Tela-Netz, Kautschukseite, 7fach vergrößert.

noch keine Versuche in der Literatur beschrieben wurden, um das physikalische Verhalten der durch Drahtgewebe verstärkten Kautschukplatte zu untersuchen. Das Drahtgewebe verbindet sich nicht chemisch mit dem Kautschuk, sondern es liegt als ein Fremdkörper im Kautschuk und haftet an ihm durch physikalische Bindung, was Saehrendt nachwies.

Nach Untersuchungen der Physikalischen Versuchsanstalt der Fried. Krupp A. G. hat der Zahnkautschuk eine Festigkeit von 5,2 kg/mm². Die Festigkeit gegen Zerreißen des V2A-Stahles beträgt 80 kg/mm². Gegenüber Kautschuk ist also fast der sechzehnfache Wert vorhanden. Da ein Drahtnetz nicht an die Festigkeit einer Metallplatte von

gleichem Querschnitt aus dem gleichen Werkstoff heranreicht, wurden Zerreißversuche an Wipla-Drahtnetzen von verschiedenen Drahtdurchmessern und verschiedener Drahtzahl angestellt, um ihre Zerreißfestigkeit festzustellen. In die Versuche wurde auch das Tela-Netz einbezogen.

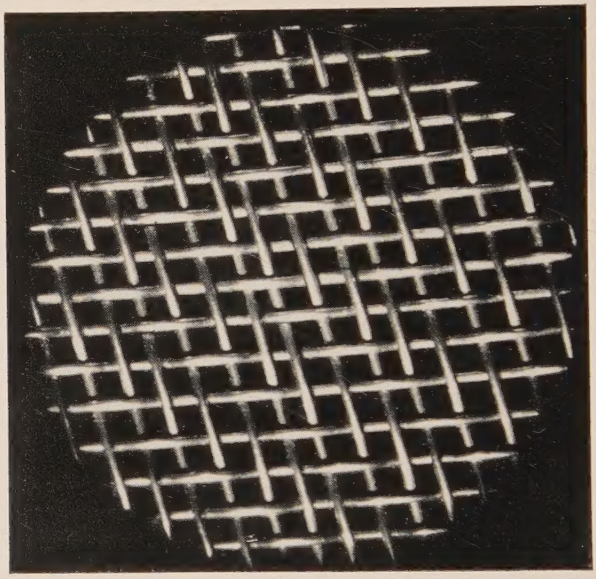

Abbildung 3
Netz der Firma Baker u. Co, 7fach vergrößert.

## Zerreißversuche an Wipla-Drahtnetzen.

a) Drahtstärke: 0,31 mm, Drahtzahl: 108 Drähte auf 100 mm Breite.

| Anlieferungszustand | Bruchlast in kg auf 100 mm | | | Mittelwert |
|---|---|---|---|---|
| ungewalzt längs: | 480 | 475 | 474 | 477 kg/100 mm |
| ungewalzt quer: | 648 | 653 | 653 | 651 kg/100 mm |
| einseitig gew. längs: | 286 | 307 | 296 | 296 kg/100 mm |
| doppels. gew. längs: | 160 | 154 | 158 | 157 kg/100 mm |

| Anlieferungszustand | Bruchlast in kg der Einzeldrähte errechnet | ermittelt |
|---|---|---|
| ungewalzt längs: | 4,3 | 4,7 |
| ungewalzt quer: | 6,0 | 6,3 |
| einseitig gew. längs: | 2,7 | — |
| doppels. gew. längs: | 1,5 | — |

b) Drahtstärke: 0,34 mm, Drahtzahl: 130 Drähte auf 100 mm Breite.

| Anlieferungszustand | Bruchlast in kg auf 100 mm | | Mittelwert |
|---|---|---|---|
| ungewalzt längs: | 622 | 630 | 626 kg/100 mm |
| ungewalzt quer: | 783 | — | — — |
| einseitig gew. längs: | 535 | 540 | 537,5 kg/100 mm |
| einseitig gew. quer: | 629 | — | — — |

| Anlieferungszustand | Bruchlast in kg der Einzeldrähte errechnet | ermittelt |
|---|---|---|
| ungewalzt längs: | 4,82 | 5,07 |
| ungewalzt quer: | 6,03 | 5,8 |
| einseitig gew. längs: | 4,13 | 4,10 |
| einseitig gew. quer: | 4,83 | — |

c) Drahtstärke: 0,28 mm, Drahtzahl: 160 Drähte auf 100 mm Breite.

| Anlieferungszustand | Bruchlast in kg auf 100 mm | | Mittelwert |
|---|---|---|---|
| ungewalzt längs: | 480 | 490 | 485 kg/100 mm |
| ungewalzt quer: | 569 | — | — — |
| einseitig gew. längs: | 393 | 391 | 392 kg/100 mm |
| einseitig gew. quer: | 520 | — | — — |

| Anlieferungszustand | Bruchlast in kg der Einzeldrähte errechnet | ermittelt |
|---|---|---|
| ungewalzt längs: | 3,03 | 3,18 |
| ungewalzt quer: | 3,55 | 3,7 |
| einseitig gew. längs: | 2,45 | 2,47 |
| einseitig gew. quer: | 3,25 | — |

## Zerreißversuche an Tela-Drahtnetz.

Drahtstärke: 0,31 mm. Drahtzahl: 252 Schußdrähte auf 100 mm, 140 Kettendrähte auf 100 mm.

| Beanspruchung in: | Bruchlast in kg/100 mm | | | Mittelwert |
|---|---|---|---|---|
| Schußrichtung | 1070 | 1070 | 1065 | 1068 |
| Kettenrichtung | 710 | 720 | 715 | 715 |

| Beanspruchung in: | Bruchlast in kg der Einzeldrähte errechnet | ermittelt |
|---|---|---|
| Schußrichtung | 4,2 | 4,55 |
| Kettenrichtung | 5,1 | — |

Das Wipla-Netz mit einer Drahtstärke von 0,34 mm ø und einer Drahtzahl von 130 Drähten auf 100 mm zeigte

mit einer Bruchbelastung von durchschnittlich 626 kg bei Längsbeanspruchung in ungewalztem Zustand gegenüber 477 kg bei einer Drahtstärke von 0,31 mm ø und 108 Drähten auf 100 mm (unter a in der Tabelle aufgeführt) und 485 kg bei einer Drahtstärke von 0,28 mm ø und 160 Drähten auf 100 mm (unter c in der Tabelle aufgeführt) von den Wipla-Netzen die besten Versuchsergebnisse (Abildung 4). Es wird fast ausschließlich gewalzt (Abbildung 5) und ungewalzt als Verstärkung benutzt. Neben diesem grobmaschigen Wipla-

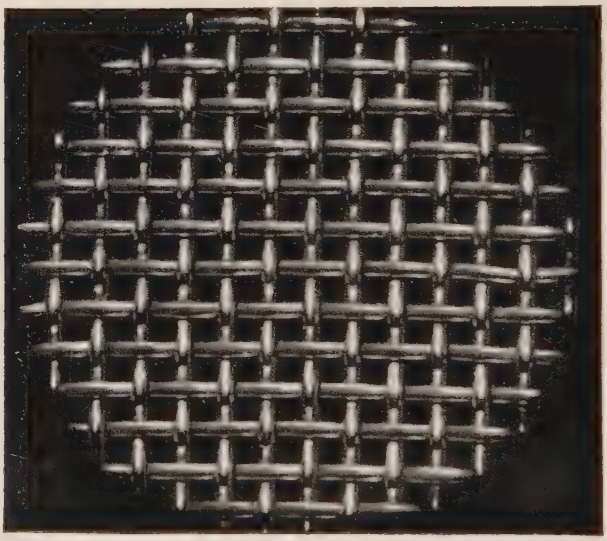

Abbildung 4
Grobmaschiges Wipla-Drahtnetz, 7fach vergrößert.

Netz ist noch ein feinmaschiges auf dem Markt (Abbildung 6), das mehr an eine Gaze erinnert und als Verstärkung weniger geeignet sein dürfte. Deshalb wurde es nicht in die Versuche einbezogen.

Die Versuche zeigten, daß das Walzen der Drahtnetze für ihre Festigkeit von Nachteil ist. Durch das Walzen soll die Fläche, die der Zunge zugekehrt ist, eben werden, um jeweils einen glatten Übergang von Metall zum Kautschuk zu gewährleisten. Durch das Walzen wurde das unter a in der Tabelle aufgeführte Wipla-Netz mit Drahtdurchmesser

von 0,31 mm derart geschwächt, daß die Bruchlast von durchschnittlich 477 kg bei einseitigem Walzen auf 296 kg sank, bei doppelseitigem Walzen sogar bis auf durchnittlich 157 kg. Das bedeutet einen Festigkeitsverlust des Drahtnetzes bei einseitigem Walzen von rund 38%, bei doppelseitigem Walzen von rund 67% gegenüber der Festigkeit in ungewalztem Zustand. Laut Tabelle waren die Festigkeitsverluste der Drahtnetze, die unter b und c in der Tabelle angeführt

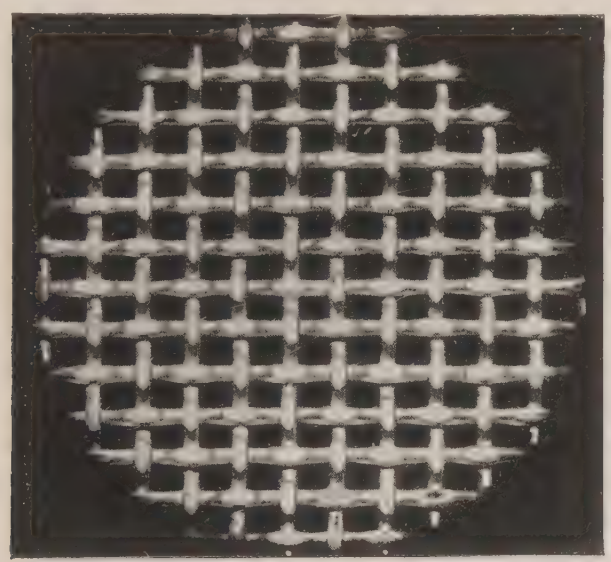

Abbildung 5
Grobmaschig gewalztes Wipla-Drahtnetz, 7fach vergrößert.

wurden, geringer. Der Festigkeitsverlust betrug für das Wipla-Drahtnetz mit Drahtstärke 0,34 mm bei einseitigem Walzen und Zugbeanspruchung in Längsrichtung 14%, das Wipla-Drahtnetz mit Drahtstärke 0,28 mm hatte bei Längsbeanspruchung nach einseitigem Walzen einen Festigkeitsverlust von 19% aufzuweisen. Die Versuche an Einzeldrähten zeigten dasselbe Ergebnis. Die Schwächung des Netzes beim Walzen hat man sich so zu erklären, daß durch den Walzvorgang das Netz zusammengedrückt wird. Besonders werden an den Kreuzungspunkten die Drähte

aufeinander gedrückt und dadurch eingekerbt, was eine Schwächung der Drähte und damit des Netzes bedeutet.

Beim Tela-Netz zeigten die Versuchsergebnisse, daß bei Beanspruchung in Schußrichtung der Drähte das Netz den untersuchten Wipla-Netzen überlegen war. Mit einer Bruchlast von durchschnittlich 1068 kg bei Beanspruchung in Schußrichtung war es dem Wipla-Netz mit einer Drahtstärke von 0,34 mm und einer Bruchlast von durchschnittlich 626 kg bei

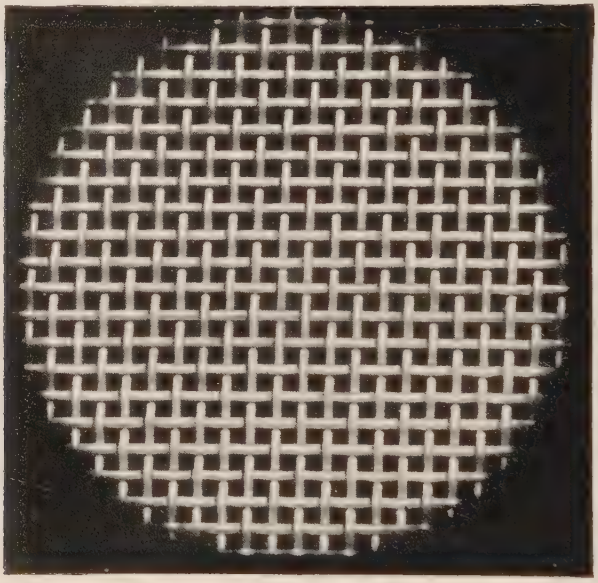

Abbildung 6
Feinmaschiges Wipla-Drahtnetz, 7fach vergrößert.

Beanspruchung in Längsrichtung um ungefähr $^2/_3$ überlegen. Die Überlegenheit ist auf die fast doppelte Anzahl der Drähte in Schußrichtung beim Tela-Netz zurückzuführen, bedingt durch die patentierte Webart des Drahtgeflechtes, indem vier Querfäden von einem Längsfaden übersprungen werden. Bei Beanspruchung des Tela-Netzes in Kettenrichtung reichte es mit einer durchschnittlichen Bruchlast von 715 kg nicht an die Festigkeit des Wipla-Netzes mit einer Drahtstärke von 0,34 mm ø bei einer Belastung in Querrichtung und ungewalztem Zustand mit einer Bruchlast von 783 kg heran.

Die Unterlegenheit des Tela-Netzes bei Zug in Kettenrichtung ist darauf zurückzuführen, daß das Tela-Netz in einseitig glattem Zustande zu den Versuchen herangezogen wurde. Die Versuche an Einzeldrähten zeigten ebenfalls eine geringe Überlegenheit der Wipla-Drähte von 0,31 mm ø und 0,34 mm ø gegenüber den zum Tela-Netz verwandten Drähten.

Die Zugbeanspruchungen, die an eine Prothese gestellt werden, können von den geprüften Drahtgeweben aufgenommen werden. Eine Biegungsfestigkeit, die man zum Vorteil der entstehenden Platte verwerten könnte, haben Drahtnetze aber nicht. Je größer nämlich der Querschnitt eines Werkstoffes ist, abgesehen von seiner Festigkeit, um so größer wird auch seine Biegungsfestigkeit sein. Bei einem Drahtnetz ist der Querschnitt eines jeden Drahtes als selbständiger Querschnitt aufzufassen, der naturgemäß auch keine große Biegungsfestigkeit aufweisen wird. Dem soll der Kautschuk abhelfen. Er füllt die Maschen des Drahtgewebes und fixiert die Drähte, so daß jeder Draht in einem Kautschukbett liegt. Die höchsten Erhebungen des Drahtnetzes schauen mit einer Fläche aus dem Kautschuk heraus, während die in entgegengesetztem Sinne gebogenen Stellen der Drähte vom Kautschuk überkleidet sind, wodurch das mechanische Zusammenhaften von Kautschuk und Gewebe gewährleistet wird. Eine dünne Kautschukschicht auf der palatinalen Seite des Netzes liegt genau dem Gaumen an und ergibt die gerühmte Saugkraft einer Kautschukprothese. In der Hauptsache stellt aber die palatinale, dünne Kautschukschicht mit dem in den Maschen des Netzes sich befindenden Kautschuk die Versteifung des leicht zu deformierenden Drahtgewebes dar. Um die Versteifung gegen ein Durchbiegen zu prüfen, wurden Versuchsstäbe aus Kautschuk und solche mit grobmaschiger, ungewalzter Wipla-Drahtgewebeeinlage angefertigt. Die Abmessungen der Stäbe waren: Länge 75 mm, Breite 20 mm, Dicke 2,5 mm.

Der Versuchsstab (s) wurde den Auflagen R und $R_1$ (Abb. 7) aufgelegt. Durch den Stempel (k), der sich in gleichem Abstand von R und $R_1$ befand, konnte der Versuchsstab belastet werden. Mit dem Stempel (k) war eine Meßeinrichtung für Belastung und Durchbiegung verbunden. Die Stäbe wurden so weit durchgebogen, bis ein Bruch auftrat. Es wurden die Durchbiegungen verzeichnet, bei denen sich am Stab das erste Resultat zeigte, dann die Durchbiegung bei Höchstbelastung und die Durchbiegung beim Bruch. Bei der ersten Hälfte der Stäbe mit Drahtnetzeinlage wurde die Lage des Netzes so gewählt, daß es

dem Stempel k zugewandt war. Es wurde also bei Durchbiegung die nur aus Kautschuk bestehende Seite auf Zug beansprucht. Bei der zweiten Hälfte der Versuchstäbe mit Drahtnetz-

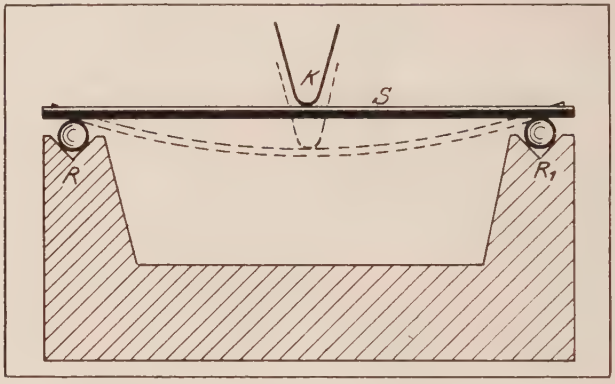


Abbildung 7
Versuchsanordnung der Biege- und Belastungsproben.

einlage lag das Drahtnetz den Auflagen R und $R_1$ an. In diesem Falle hatte also die Drahtnetzseite Zugspannungen aufzuweisen. Die angegebenen Zahlen sind Durchschnittswerte der Versuchsergebnisse.

| Lage d. Netzes: | bei mm Durchbiegung: |
|---|---|
| oben | 8 mm Knistern |
| unten | 3,5 mm Knistern |

| Lage d. Netzes: | höchste Belastung bei mm von kg | Bruch bei mm Durchbg. |
|---|---|---|
| oben | 8,5 mm 15,0 kg | 19 mm |
| unten | 10,5 mm 18,3 kg | 19 mm |
| Kautschuk ohne Netz: | 11,0 mm 18,4 kg | 18,5 mm |

Die Versuche ergaben, daß eine Schwächung des Kautschuks eintritt, wenn bei einer Durchbiegung die Kautschukseite des Stabes auf Zug beansprucht wird, sobald es sich um einen Stab mit Drahtnetzeinlage handelte. Wurde die Drahtnetzseite auf Zug beansprucht, konnten annähernd Belastungen wie bei reinen Kautschukstäben erreicht werden. Das Knistern in den mit Drahtnetzeinlage versehenen Stäben

läßt auf eine Störung der Metall-Kautschuk Kombination schließen. Äußerlich war den Stäben nichts anzusehen. Bei Beanspruchung der Drahtnetzseiten auf Zug traten mehrere Bruchlinien an der Oberfläche auf, die mit der Lage der Kettendrähte des Gewebes übereinstimmten. Der Bruch setzte sich in der Zone des reinen Kautschuks in einer Linie fort. Traten Druckspannungen in der Drahtnetzseite auf, entstand nur eine Bruchlinie, deren Verlauf der Lage eines Kettendrahtes entsprach.

Der Verlauf der Bruchlinien bei den mit Drahtgewebe versehenen Versuchsstäben ließ darauf schließen, daß die in den Kautschuk gelagerten Drähte des Netzes eine Erscheinung herbeiführen, die in der Technik unter dem Namen Kerbwirkung bekannt ist. In der Technik besteht bei Maschinenteilen, die wiederholten Erschütterungen und immer wieder neuen Beanspruchungen nach Absinken der Belastungen ausgesetzt sind, die Gefahr des Ermüdungsbruches. Um dem zu begegnen, werden alle scharfen Übergänge vermieden. Viele Wellenbrüche sind zum Beispiel darauf zurückzuführen, daß an den Absätzen die Abrundung nicht genügend groß gewählt wurde, sodaß eine scharfe Eindrehung entstand, die die Kerbwirkung verstärkte und dann einen Dauerbruch herbeiführte. Ähnlichen Einfluß wie scharfe Kanten, können auch Drehriefen, eingeschlagene Ziffern und dergleichen haben, die als Ausgangspunkt von Rissen wirken.

Bei der funktionellen Beanspruchung einer Prothese während des Kauaktes hat sie Kräften standzuhalten, die an den Werkstoff hohe Anforderungen stellen. Es ist nicht in erster Linie die Größe der Kräfte, die die Lebensdauer einer Prothese bestimmen, sondern die durch den Kauakt bedingte Wiederholung des Angriffs der Belastungen. Eine gewisse Zugfestigkeit vorausgesetzt, hat sie immer wiederkehrende Biegungsbeanspruchungen auszuhalten, die von Null bis zum Höhepunkt der Belastung wechseln. Wie verhängnisvoll der fortlaufende Lastwechsel während des Kauaktes sich auswirkt, zeigen gebrochene Metallprothesen, die eine fehlerhafte Konstruktion aufweisen. Ist zum Beispiel eine Stahl- oder Goldprothese zu weit ausgeschnitten, kommt selbst sie über kurz oder lang zum Dauerbruch. Das Hinausbauen der Kunstzähne über den Alveolarfortsatz, die nicht ausgeglichene Horizontale, sowie die ungleichmäßige Verteilung der Kaudruckkräfte bedeuten für die Lebensdauer einer Metallprothese ebenfalls Gefahrenquellen. Die durch solche

Fehler bedingte überelastische Biegungsbeanspruchung hat auch bei Metallprothesen einen Dauerbruch zur Folge.

Um das Verhalten von Kautschuk mit Einlage von Drahtgewebe gegenüber reinem Kautschuk bei Wechselbeanspruchung zu untersuchen, wurden Dauerbiegeversuche angestellt. Zu diesem Zwecke wurden Stäbe aus reinem Kautschuk, Kautschukstäbe mit grobmaschigem und grobmaschigem gewalztem Wipla-Drahtgewebe und Tela-Gewebe hergestellt. Die Stäbe hatten eine Dicke von 2,5 mm, eine Breite von 20 mm, und eine bei den Versuchen wirksame Länge von 60 mm.

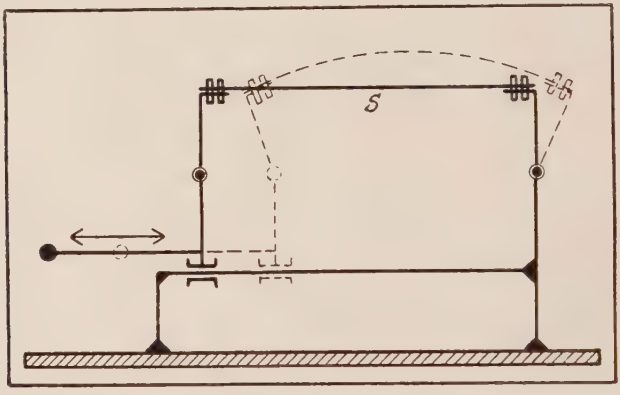


Abbildung 8
Versuchsanordnung der Dauerbiege-Versuche.

Die Biegung der Proben erfolgte aus der gestreckten Lage nach einer Seite und wieder zurück in die Anfangslage (Abb. 8). Die Probenseite auf der das Drahtgewebe lag, war auf Zug beansprucht. Die errechneten Versuchsergebnisse wiesen wenig Streuung auf und sind in Kurven niedergelegt.

## Dauerbiegeproben.

a) reiner Kautschuk.

| Durchbiegung | Lastwechsel b. z. Bruch |
|---|---|
| 6 mm | 15000 |
| 5 mm | 34500 |
| 4 mm | 120000 |
| 3 mm | 450000 |
| 2,5 mm | 1000000 |

b) Kautschuk mit grobmaschiger Wipla-Drahtgewebeeinlage.

| Durchbiegung | Lastwechsel b. z. Bruch |
|---|---|
| 6 mm | 2400 |
| 5 mm | 4000 |
| 4 mm | 9000 |
| 3 mm | 34000 |
| 2,5 mm | 160000 |

c) Kautschuk mit grobmaschiger, gewalzter Wipla-Drahtgewebeeinlage.

| Durchbiegung | Lastwechsel b. z. Bruch |
|---|---|
| 6 mm | 2200 |
| 5 mm | 5500 |
| 4 mm | 15000 |
| 3 mm | 47500 |
| 2,5 mm | 100000 |
| 2 mm | 265000 |
| 1,5 mm | 950000 |

d) Kautschuk mit Tela-Gewebeeinlage. Schußdrähte wurden auf Zug beansprucht.

| Durchbiegung | Lastwechsel b. z. Bruch |
|---|---|
| 6 mm | 7700 |
| 5 mm | 13000 |
| 4 mm | 200000 |
| 3 mm | 930000 |

e) Kautschuk mit Tela-Gewebeeinlage. Kettendrähte wurden auf Zug beansprucht.

| Durchbiegung | Lastwechsel b. z. Bruch |
|---|---|
| 6 mm | 6000 |
| 5 mm | 11000 |
| 4 mm | 19000 |
| 3 mm | 38000 |
| 2 mm | 110000 |
| 1,6 mm | 560000 |

Vergleicht man die Ergebnisse der Dauerbiegeversuche miteinander, so zeigt sich, daß der reine Kautschuk bei größeren Durchbiegungen und kleinen Wechselzahlen am besten ist. (Abb. 9). Bei größeren Lastwechselzahlen zeigten sich die mit Tela-Gewebe versehenen Proben am besten, wenn die Schußdrähte auf Zug beansprucht wurden. (Abb. 9).

Daß der reine Kautschuk bei hohen Durchbiegungen den Tela-Proben überlegen war, kann man auf die verschiedene Elastizität des Kautschuks und des Metalls zurückführen. Bei größerer Durchbiegung treten in einem mit Drahtgewebe versehenen Kautschukstab durch die verschiedene Elastizität

beider Werkstoffe so hohe Spannungsdifferenzen auf, daß es zu einer Lockerung der mechanischen Verbindung Metall-Kautschuk kommt und dadurch zu einem beschleunigten Bruch gegenüber Kautschuk.

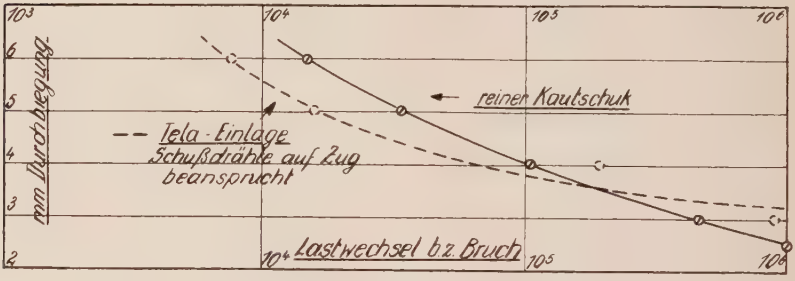


Abbildung 9

Von den mit Wipla-Netz versehenen Proben schnitten die mit gewalzter Einlage am schlechtesten ab. (Abb. 10). Das bestätigte, daß das Walzen, wie schon vorher die Zerreißversuche an Drahtnetzen zeigten, eine Schwächung des Netzes bedeutet.

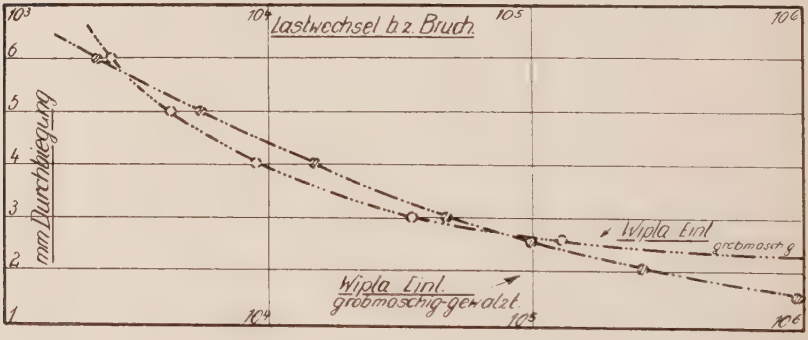


Abbildung 10

Im Vergleich zu reinem Kautschuk und mit Tela-Gewebe versehenen Proben, bei denen die Schußdrähte auf Zug beansprucht wurden, war das Versuchsergebnis der mit Wipla-

Gewebe versehenen Stäbe zahlenmäßig ungünstig (siehe Tabelle), weil es durch Kerbwirkung beeinflußt wurde. Deshalb wiesen alle Proben mit Wipla-Geflecht einen glatten Bruch auf, der der Lage eines Kettendrahtes entsprach.

Bei kleiner Durchbiegung erreichten die Proben mit Tela-Gewebe, wenn ihre Schußdrähte auf Zug beansprucht wurden, die höchsten Lastwechselzahlen. Das günstige Ergebnis in dieser Beanspruchungsrichtung ist nicht dem zum Tela-Netz verwandten Metall zuzuschreiben, sondern der Webart des Geflechtes. Die Probenseite, auf der das Drahtgeflecht lag, wurde auf Zug beansprucht. Diesem Zug waren die Schußdrähte ausgesetzt, die im Vergleich zum Wipla-Netz eine ungefähr doppelt so große Biegelänge zwischen zwei Kettendrähten haben, wodurch die Elastizität des Drahtstückes vergrößert wird. Die Kettendrähte sind vom Kautschuk überkleidet und verlaufen unter dem Niveau der Schußdrähte. Dadurch konnte bei dieser Art der Beanspruchung (Schußdrähte auf Zug) keine Kerbwirkung auftreten. Weil Metall besser Zugspannungen verträgt als Kautschuk, ferner eine höhere Ermüdungsgrenze bei Vermeidung von Kerbwirkung als Kautschuk aufweist, und endlich die Spannungsdifferenz mit ihren Nebenerscheinungen nicht so hoch wurde wie bei großer Durchbiegung, waren die Tela-Proben bei kleiner Durchbiegung und Beanspruchung der Schußdrähte auf Zug den Kautschuk-Proben überlegen. Entsprechend der Webart zeigten die Stäbe mit Tela-Einlage, bei denen das Drahtnetz so im Kautschuk lag, daß die Schußdrähte des Gewebes in Richtung des beim Dauerbiegeversuch auftretenden Zuges lagen, einen unregelmäßig verlaufenden Bruch (Abbildung 11). Die Schußdrähte brachen an den Stellen, wo sie unter einem Kettendraht durchliefen. Durch die Bearbeitung, der das Tela-Netz bei der einseitigen Glättung unterworfen wird, und die starke Biegung, die ein Unterkreuzen des Kettendrahtes verursacht, werden diese Stellen besonders geschwächt und brechen zuerst.

Da man bei einer Verwendung des Tela-Netzes zu einer Prothese nicht damit rechnen kann, daß nachher im Munde beim Kauakt alle Kräfte sich als Zug in Richtung der Schußdrähte des Gewebes auswirken, sondern auch zu den Schußdrähten senkrecht verlaufende Zugkräfte entstehen, wurden Stäbe angefertigt, bei denen die Schußdrähte senkrecht zu den beim Dauerbiegeversuch auftretenden Zugkräften lagen (Abbildung 11, II). Es zeigte sich dasselbe, was bei den

Proben mit Wipla-Drahtgewebe beim Bruch eingetreten war. Die Schußdrähte verliefen senkrecht zur Zugrichtung. Dadurch trat wie bei den Wipla-Proben Kerbwirkung ein. Es entstand ein Bruch, der einem Schußdraht parallel lief. Die Bruchlinie sprang zum Teil von einem Schußdraht zum

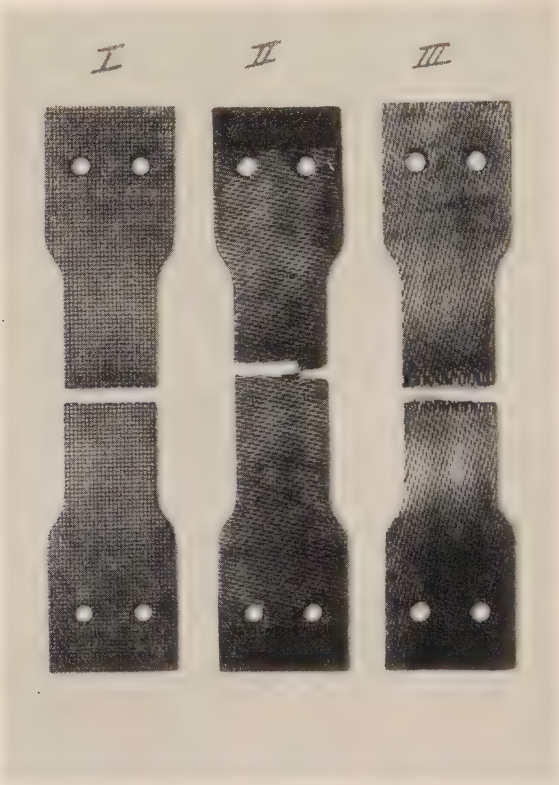


Abbildung 11

I Kautschukstab mit gewalzter, grobmaschiger Wipla-Drahtgewebeeinlage.
II Kautschukstab mit Tela-Einlage, Kettendrähte auf Zug beansprucht.
III Kautschukstab mit Tela-Einlage, Schußdrähte auf Zug beansprucht.

benachbarten über, während der Bruch sonst glatt verlief. Die stark auftretende Kerbwirkung bei den Tela-Proben mit

Zugbeanspruchung in Kettenrichtung zeigt im Vergleich zu den Tela-Proben mit Zugbeanspruchung in Schußrichtuug Abb. 12.

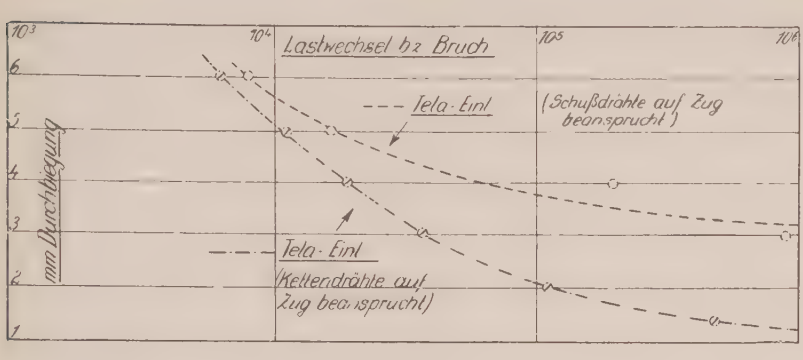


Abbildung 12

Vergleicht man die Versuchsergebnisse der Tela-Stäbe, bei denen die Schußdrähte senkrecht zur Zugrichtung lagen, — es wurden also die Kettendrähte auf Zug beansprucht — mit den Ergebnissen der anderen Versuchsreihen, so zeigen

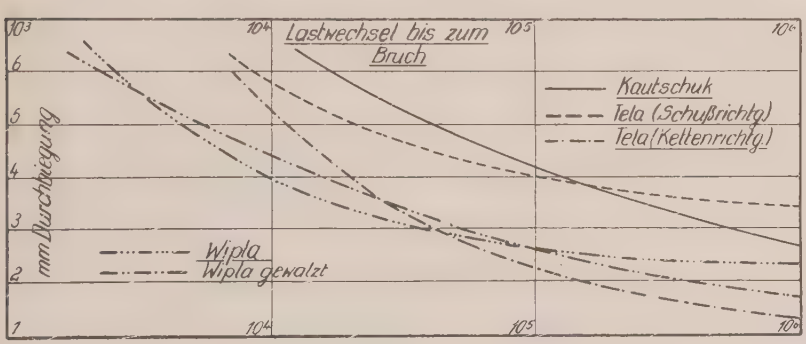


Abbildung 13

sie die ungünstigsten Resultate. (Abbildung 13). Die eng nebeneinander liegenden Schußdrähte verstärken die Kerbwirkung. Auf Grund der Ergebnisse der Dauerbiegeversuche kann man sagen, daß ein Drahtnetz von der Webart des Tela-Netzes für den Kautschuk eine Verstärkung bedeuten

würde, wenn beim Kauakt die Biegungsbeanspruchungen der Prothese sich nur als Zugkräfte in Richtung der Schußdrähte auswirken würden. Da das aber nicht der Fall sein kann, wird eine Tela-Platte noch schneller als eine mit Wipla-Drahtgewebe verstärkte Kautschukplatte zum Dauerbruch durch Kerbwirkung kommen. Die Kombination von Werkstoffen zur Herstellung einer Prothesenbasis ist ein zweischneidiges Schwert. Ein Moment, das man als besonders verstärkend hervorhob, kann im nächsten Augenblick, wie es die Versuche an den mit Tela-Gewebe versehenen Stäben zeigten, in das Gegenteil verwandelt werden. Abgesehen davon, daß in der Großtechnik der Konstrukteur zu seinen Bauten einen Werkstoff benutzt, der von vornherein den zu erwartenden Anforderungen genügt und darüber hinaus noch einen Sicherheitsfaktor aufzuweisen hat, sollte man sich beim Bau einer Prothese die Frage vorlegen: Hält der Werkstoff allen Anforderungen physikalischer Art und allen Ansprüchen hygienischer Art stand.

Nicht allein die Festigkeit läßt einen Werkstoff als Plattenbasis geeignet erscheinen. Ausschlaggebend ist die Mundbeständigkeit. An der Mundbeständigkeit des Wipla-Metalles ist nicht mehr auf Grund der hergestellten Platten, der inzwischen gemachten Erfahrungen und Versuche zu zweifeln. Ascher stellte Korrosionsversuche mit Tela-Gewebe an. Die Versuchsdauer betrug 4 Wochen. Die Anordnung war folgende:

| | Größe d. Versuchs-materials | Gewicht vorher | Lösung u. Konzentrat. | Gewicht nachher | Farbe d. Lös. n. 4 Wochen |
|---|---|---|---|---|---|
| I | 2 cm² | 0,8913 g | 1% Milchsäure | 0,8545 g | grünl. gelb |
| II | 2 cm² | 0, 885 g | 0,9% NaCl-Lös. | 0, 885 g | wasserklar |
| III | 2 cm² | 0.8565 g | 0,5% Milchsäur. u. 0,5% NaCl. | 0,8873 g | wasserklar |

Ascher sagt zu seinen Ergebnissen: „Aus der Tabelle ist ersichtlich, daß bei I in 1% Milchsäure ein Gewichtsverlust stattgefunden hat, während bei II Gewichtsgleichheit und bei III Gewichtszunahme festzustellen ist. Letzterwähnte ist wohl auf eine Ablagerung von Niederschlägen zurückzuführen. Die Gewichtsverminderung in Versuch I beträgt 4,13%. Die grünlich-gelbe Farbtönung deutet auf eine Lösung von Nickel hin. Man muß also feststellen, daß die vorliegende Tela-Legierung nicht absolute Korrosionsfestigkeit besitzt. Der Grad der Löslichkeit ist aber relativ gering. Praktisch

wird daher dieser Faktor kaum in die Wagschale fallen. Die Berechtigung, das Material innerhalb der Mundhöhle zu erproben, erscheint auf Grund des Versuches gerechtfertigt".

Dieser Auffassung von Korrosionsbeständigkeit, soweit sie für Verwendung eines Werkstoffes im Munde in Frage kommt, kann man sich nicht anschließen. Vielmehr ist die Auffassung Schoenbeck's zutreffend, der über die nickelreichen Chrom-Eisenlegierungen sagt: „Nach den von mir angestellten Untersuchungen geben diese Legierungen im sauren Elektrolyten Nickel ab. Sie sind also nicht im Sinne des V2A-Stahles korrosionsfest. Wenn auch zugegeben werden soll, daß die Nickelabgabe im sauren Elektrolyten — auf diese ist hier Wert zu legen — nicht groß in der Tageseinheit ist, so muß man doch berücksichtigen, daß die Anforderungen an ein Prothesenmaterial nicht hoch genug gestellt werden können. Eine Nickelabgabe in kleinster Menge muß hier anders bewertet werden als in der Großtechnik, für die solche Legierungen als korrosionsfest gelten".

Ein großer Nachteil einer Platte mit Drahtgewebeverstärkung ist der vielmalige Wechsel von Metall zum Kautschuk. Beim Bau einer Prothese legt man immer Wert auf eine möglichst einheitliche Oberfläche, gibt ihr eine gute Politur, damit sie in hygienischer Beziehung möglichst einwandfrei ist. Außer der Schwierigkeit, zwei Materialien von verschiedenem Härtegrad mit einer einwandfreien Politur zu versehen, ohne vom weicheren Material zuviel wegzupolieren, besteht die Möglichkeit der Bildung von Bakterienbrutstätten an den Übergängen vom Drahtgeflecht zum Kautschuk. Saehrendt stellte fest, daß sich der Kautschuk nicht chemisch mit Stahl verbindet. Im besten Falle liegt er dem Stahl genau an. Jeder Übergang von Draht zum Kautschuk und umgekehrt ist darum eine Prädilektionsstelle für Spaltbildung mit ihren in hygienischer Beziehung unerfreulichen Begleiterscheinungen.

Beim Bau einer Prothese muß man auch mit der Möglichkeit einer Reparatur rechnen. Bei einer mit Drahtgewebe verstärkten Kautschukplatte dürfte eine Reparatur schwieriger sein, wenn sie zu des Patienten und zu unserer Zufriedenheit ausfallen soll. Das Drahtgewebe wird ein genaues Aneinanderfügen der Bruchstücke verhindern, wenn der Patient nach dem Bruch die Platte noch getragen hat; denn durch den Kauakt wird das Gewebe in der Bruchstelle deformiert. Eine kleine Geduldsarbeit ist die Herstellung

der Schwalbenschwänze, denn die Zunge des Prothesenträgers wird zerstörte und aus dem Kautschuk ragende Drähte als sehr unangenehm empfinden.

Den Überlegungen folgend, die zu einer Verstärkung von Kautschukplatten durch Drahtgewebe führten, müßte das Ergebnis eine Stellung zwischen Kautschuk- und Stahlplatte einnehmen. Äußerlich betrachtet hat es auch den Anschein. Unterzieht man die Eigenschaften, die durch die Kombination von Drahtgewebe und Kautschuk erreicht werden, einer kritischen Betrachtung, so zeigt sich, daß von dem, was Kautschuk und Metall allein als Plattenbasis verarbeitet zum Vorteil hatten, nicht viel übergeblieben ist. Die Festigkeit und Bruchsicherheit einer Metallplatte wird nicht erreicht. Im Gegenteil, wie die Ergebnisse der Dauerbiegeversuche zeigten, hat man mit einem beschleunigten Bruch, hervorgerufen durch Kerbwirkung, zu rechnen. Abgesehen vom Mangel der Mundbeständigkeit beim Tela-Netz, wird eine Kautschuk-Platte mit eingebettetem, aus ihr hervorsehendem Drahtnetz wegen der mit der Zeit an den Übergängen von Metall zum Kautschuk auftretenden Spaltbildung zu einer Bakterienbrutstätte. Dadurch wird sie den hygienischen Anforderungen, die man an eine Prothese stellen muß, nicht mehr genügen.

Zusammenfassend wäre zu sagen, daß auf Grund der Versuchsergebnisse gewalzte Drahtnetze nicht die Festigkeit ungewalzter derselben Art haben, infolgedessen auch nicht so starken Beanspruchungen wie ungewalzte Drahtnetze standhalten. Aus den Ergebnissen der Dauerbiegeversuche war ersichtlich, daß bei einem fortgesetzten Beanspruchungswechsel Kautschuk ohne Drahtgewebeeinlage am besten abschnitt. Sobald senkrecht zum Kraftlinienverlauf — das gilt auch für Prothesen während des Kauaktes im Munde — die Kautschukoberfläche von Drähten durchschnitten wird, tritt Kerbwirkung auf, die zum beschleunigten Dauerbruch führt. Will man darum eine hohen Ansprüchen genügende Prothese bauen, so soll man keine Kautschukplatte durch Drahtgewebe verstärken. Man muß vielmehr einen Werkstoff wählen, der den zu erwartenden Beanspruchungen standhält, und außerdem noch einen Sicherheitsfaktor aufweist. Die Erfahrung lehrt, und die Ergebnisse der Dauerbiegeversuche belegen sie, daß nur eine Metallplatte diesen hochgestellten Anforderungen genügen kann.

# Schriftennachweis.


Ascher: Die Verwendung der Tela-Prothese in der zahnärztlichen Plattenprothetik. Zahnärztl. Rundschau 1932 Nr. 35, 36.

Bergerhausen: Die Tela-Prothese. Zahnärztl. Rundschau 1931 Nr. 21.

Coffin: Verstärkung für untere Kautschukpièces. Correspondenz-Blatt für Zahnärzte 1893 S. 287.

Detzner: Praktische Darstellung der Zahnersatzkunde. Verlag von Ash u. Sons, Berlin 1. Aufl. 1885 S. 122, 2. Aufl. 1899 S. 276.

Dunzelt: Goldgaze-Gebisse. Deutsche Vierteljahrsschrift für Zahnheilkunde. 1877 S. 158.

Fletscher: Verstärkung von Kautschukpièces. Correspondenz-Blatt für Zahnärzte 1874 S. 160.

Flörke: Gewährt die neuerdings eingeführte Nickelgaze als Einlage in Kautschukplatten Vorteile und welche? Correspondenz-Blatt für Zahnärzte. 1884 Referat S. 312.

Garkay: Praktische Mitteilungen. Der Zahnarzt 1868 S. 162.

Geier: Fehlerquellen auf dem Gebiete der neuzeitlichen Prothetik. Deutsche Zahnärztliche Wochenschrift 1934 Nr. 33.

Halbach: Über die Festigkeitseigenschaften des nichtrostenden Stahles. Deutsche Zahnärztliche Wochenschrift 1933 Nr. 19.

Hauptmeyer: Gebißplatten aus nichtrostendem Stahl. Kruppsche Monatshefte. Herausgegeben von der Firma Fried. Krupp A. G. Essen, 1921 S. 45.

Hauptmeyer: Über wesentliche Fortschritte mit der Wipla-Platten Prothese nach weiteren 10 Jahren. Deutsche Zahnärztliche Wochenschrift 1931 Nr. 33.

Moyer: Zur Verstärkung von Kautschukpièces. Correspondenz-Blatt für Zahnärzte 1879 S. 61.

Müller: Zahnärztliche Metall-Technik. S. 214. Verlag von Carl Ziegenhirt, Leipzig 1907.

Preiswerk: Zahnärztliche Technik. S. 330. Verlag J. F. Lehmann, München 1911.

Saehrendt: Über die Verbindung des Kautschuks mit Metallplatten unter besonderer Berücksichtigung des Kruppschen Chromnickelstahles (V2A oder Wipla-Metall). Inaugural-Dissertation. Marburg 1927.

Schoenbeck: Zahnärztliche Metallkunde. Aus Misch: „Die Fortschritte der Zahnheilkunde" nebst Literaturarchiv. Verlag von Georg Thieme, Leipzig 1933 S. 868.

Tillmann: Welche Anforderungen sind an eine gute Konstruktion zu stellen? Kruppsche Monatshefte. Herausgegeben von der Firma Fried. Krupp A. G., Essen. 1928 S. 1.

Weber: aus Parreidt: Handbuch der Zahnersatzkunde. S. 211. Verlag von Arthur Felix, Leipzig 1919.

Am Ende der Abhandlung ist es dem Verfasser eine angenehme Pflicht, dem Leiter der zahnärztlichen Forschungsstätte der Fried. Krupp A. G., Herrn Dr. Hauptmeyer, für die Überlassung des Themas, sowie dafür, daß er die Einrichtungen der zahnärztlichen Forschungsstätte für die Versuche zur Verfügung stellte, zu danken. Herrn Professor Dr. Falck, München, möchte ich ebenfalls an dieser Stelle für die Übernahme des Referates meinen herzlichsten Dank aussprechen.

# Lebenslauf.

Am 8. März 1910 wurde ich als Sohn des Werkmeisters Karl Kluge und seiner Ehefrau Alma, geborene Haas, zu Essen geboren. Nach vierjährigem Besuch der Volksschule trat ich in die Sexta der Krupp-Oberrealschule in Essen ein, an der ich 1929 die Reifeprüfung bestand. Die vorklinischen Semester meiner Studienzeit verbrachte ich in Marburg a. d. Lahn. Nach bestandener zahnärztlicher Vorprüfung setzte ich mein Studium in München fort, wo ich am 7. Mai 1934 das zahnärztliche Staatsexamen bestand.